**PRACE INSTYTUTU LOTNICTWA** ISSN 0509-6669
**211**, s. 146-154, Warszawa 2011

# BADANIA I EKSPLOATACJA SAMOLOTÓW ZASILANYCH BIOPALIWAMI

Zbigniew Pągowski

*Instytut Lotnictwa*

Streszczenie

*Badania i eksploatację samolotów zasilanych biopaliwami rozpoczęto już na początku ery lotnictwa. Przed II wojną światową brał udział w takich pracach Instytut Lotnictwa, który opracował biopaliwo lotnicze z dodatkiem ok. 15-17% etanolu tzw. BAB o liczbie oktanowej 76 i BABC liczbie oktanowej 86, powszechnie używane potem w polskim lotnictwie. Podobnych biopaliw lotniczych używano także w różnych okresach II wojny światowej w lotnictwie wielu państw świata. Po wojnie wkroczyły szeroko na rynek lotnicze paliwa węglowodorowe wytwarzane z ropy naftowej, której wzrost cen w efekcie wyczerpywania się złóż zwrócił uwagę na biopaliwa najpierw zastosowane w transporcie drogowym, a obecnie wkraczające do lotnictwa komercyjnego, General Aviation oraz lotnictwa wojskowego, w tym szkolenia pilotów. Wagę problemu biopaliw dla Europy i jej lotnictwa podkreśla obecnie opublikowana w lipcu nowa strategia „Strategic Research Agenda 2010 Update – innovation driving sustainable biofuels". W referacie przedstawiono różne przykłady badań i eksploatacji różnych biopaliw lotniczych prowadzonych obecnie w wielu krajach, stosowanych w samolotach z różnymi typami silników (turbinowe, tłokowe i nawet rakietowe) w tym także na obecnie eksploatowanych poza Polska wprawdzie samolotach rolniczych PZL „Mielec" M18 „Dromader" z silnikami tłokowymi ASz 62 z PZL „KALISZ", o czym przekonała się specjalna misja przedstawicieli PZL Mielec, PZL Kalisz z Instytutem Lotnictwa w Brazylii.*

## 1. WSTĘP

Światowe zasoby ropy naftowej kurczą się zgodnie z tzw. krzywa dzwonową. Toczy się walka o kontrolowanie obszarów bogatych w ropę naftową w różnej formie, a jej cena rośnie skokowo w zależności od sytuacji politycznej. Dodatkowym elementem jest wzrastające w tempie ok. 2,9% roczne zużycie paliw w wyniku włączania się do światowej konkurencji coraz to nowych, bardziej aktywnych partnerów z wielu kontynentów. Stosowne akty prawne przyspieszają w transporcie drogowym wdrażanie paliw alternatywnych we wszystkich krajach świata. Warto zaznaczyć, że bioetanol (z głównie z trzciny cukrowej i kukurydzy) stanowi dwie trzecie, a estry z roślin oleistych (rzepak, palma, soja) jedna trzecią całkowitej produkcji biopaliw. Przewidywane jest powszechne wprowadzenie tzw. paliw II generacji z roślin nie używanych w produkcji żywnościowej o zwiększonej wydajności z hektara rocznie (jak np.

lnianka, jatropha) i nowych technologii ich przetwarzania. III generacja biopaliw – to paliwa z mikroalg, których wydajność przy użyciu zaawansowanych technologii upraw i produkcji (np. tzw. metodą plazmową) wzrośnie 150 razy i więcej w porównaniu z wydajnością z rzepaku wynosząca ok. 1 tony paliwa rzepakowego z hektara! Wg NASA zagospodarowany mikroalgami obszar wielkości stanu Wisconsin (równy Belgii w Europie) wystarczyłby na pokrycie zapotrzebowania całego światowego lotnictwa na paliwo lotnicze typu JetA1. Sztucznie wywoływany problem biopaliwa contra produkcja żywności umiera śmiercią naturalną. Nasila się proces wprowadzania rożnych biopaliw do lotnictwa. W Unii Europejskiej w lipcu bieżącego roku proponuje się nową zmodyfikowaną strategię w postaci dokumentu: „STRATEGIC RESEARCH AGENDA 2010 UPDATE – innovation driving sustainable biofuels". Z drugiej strony istnieją jeszcze naturalne reakcje przeciwne powszechnemu wdrażaniu biopaliw z uwagi na nie do końca rozpoznane walory eksploatacyjne szczególnie w lotnictwie jak np. koalicja na rzecz zachowania ołowiowego paliwa lotniczego AvGas (The Avgas Coalition), w skład której wchodzą przedstawiciele przemysłu lotniczego oraz naftowego, wspólnie ze Stowarzyszeniem Pilotów i Właścicieli Samolotów – (AOPA), choć i oni zdają sobie sprawę, że nowe, lepsze paliwa będą wdrażane. Przewidywany jest rozwój gwałtowny małego lotnictwa – tzw. General Aviation (Agenda for Sustainable Future in General and Business Aviation 2008/2134 (INI)!), które jak wiadomo stosuje paliwo ołowiowe AvGas 100LL, znormalizowane w 1934 roku (standard X3575 dla benzyny lotniczej AvGas 100/130 o L.O.100/130).

Liczne projekty europejskie realizowane w ramach 7 FP, w tym koordynowany przez Instytut Lotnictwa projekt EPATS planują wykorzystanie i rozwój infrastruktury sieci lotnisk i infrastruktury nawigacyjnej. Potencjalnie daje to możliwość zaistnienia w 2020 floty liczącej około 90 tysięcy małych samolotów. Masowość takiego nowego środka transportu w skali całej Europy stanowić może wyzwanie dla uregulowania spraw nowego alternatywnego paliwa dla tego typu lotnictwa. Żywa jest idea jednolitego paliwa dla silników tłokowych (Diesle w lotnictwie) i turbinowych, także ze względów militarnych.

Od końca lat 80-ych podejmowane są wysiłki badawcze, loty demonstracyjne jak i wzrasta liczba eksploatowanych doświadczalnie samolotów. Badacze potwierdzają walory biopaliw I generacji takie jak poprawa własności eksploatacyjnych, wyrażającą się w wydłużeniu czasu eksploatacji silników i aparatury paliwowej, obniżeniu emisji gazów cieplarnianych, wzrostem mocy silników, przy niewielkiej ilości zmian. Wysiłki badaczy aktualnie wsparły wielkie firmy lotnicze pracujące w obszarze cywilnym i wojskowym. Nie wszyscy są o tym jednak przekonani, jednak warto przypomnieć na początek kilka zapomnianych faktów historycznych.

## 2. TROCHĘ HISTORII

Badania i eksploatację samolotów zasilanych biopaliwami rozpoczęto już na początku ery lotnictwa. Przed II wojną światową brał udział w takich pracach między innymi także nasz kraj. Instytut Lotnictwa opracował biopaliwo lotnicze z dodatkiem ok. 15-17% etanolu tzw. BAB o liczbie oktanowej 76 i BABC liczbie oktanowej 86, powszechnie używane potem w polskim lotnictwie zarówno w cywilnym jaki wojskowym. Warto dodać, że paliwo to było zamiennikiem do paliwa niemieckiego B4, o liczbie oktanowej 87, produkowanego głownie z ropy rumuńskiej. Dodając metanol lub podtlenek azotu Niemcy poprawiali liczbę oktanową, ale silniki tracily trwałość wskutek wzrostu mocy. Braki paliwowe pod koniec wojny w dostawach ropy zmuszały Niemców do stosowania paliw alternatywnych otrzymywanych metodą Fischer Tropscha (FT), która aktualnie usprawniona znajduje także zastosowanie do otrzymywania paliw kolejnych generacji.

## 3. BADANIA I EKSPLOATACJA BIOPALIW OBECNIE

Zainteresowanie użyciem paliw alternatywnych w lotnictwie odżyło bowiem na przełomie lat 90, głównie w USA, a następnie w Brazylii, która kontaktowała się w tej sprawie z PZL Rzeszów. Około 1980 roku w Baylor University prof. dr Max Shauck – dyrektor Centrum Rozwoju Lotniczych Paliw Odnawialnych Uniwersytetu Baylor w Teksasie rozpoczął prace nad zastosowaniem etanolu i estrów (sojowych) jako paliw lotniczych. Podczas prób silnikowych z etanolem stwierdził wydłużenie się czasu przeglądu tzw. TBO niemal dwukrotnie, brak zjawiska detonacji. Modyfikacje dotyczyły jedynie układu paliwowego w celu zwiększenia przepływu paliwa w zależności od typu samolotu i stopnia sprężania od 10-19% rekompensującego zmniejszona wartość opałową etanolu (27,2MJ/kg wobec 44,2MJ/kg dla benzyny lotniczej AvGas). Udowodniono, że etanol może być stosowany w silnikach o stopniu sprężania do 15. Następnie w 1989 roku, pierwszy raz w historii Max Shauck odważył się na lot na czystym etanolu przez Atlantyk. Towarzyszyła mu w tym locie jego żona Grazia Zanin. Za przelot ten odznaczony został czwartą z kolei prestiżową lotniczą nagrodą HARMON TROPHY. Instytut Lotnictwa miał przyjemność gościć odważną dwójkę pilotów w dniu 30.09.2002 roku i wysłuchać seminarium p.t. „Review of biofuel activities in aviation". Max Shauck informuje o 6000 godzin nalotu na etanolu oraz uzy-skaniu STC dla 12 różnych konstrukcji samolotów : Bellanca Decatthlon,, Pitts Special S1c, Cessna 182, Piper Aztec, Siae Marchetti SF 260, Storck Weallaby, Velocity, Pitts 2B, Piper Pawnee, Cessna 182, Pitts 2B EXP, CESSNA 172. zgodnie z procedurami certyfikacyjny zaaprobowanymi przez FAA. W Baylor University przebadano także biopaliwa na silnikach turbinowych. Były to mieszanki biopaliwa sojowego B100 z eterem ETBE i etanolem, zmieszanym z JetA i Biodiesel w ilości 5, 10, 15, 20, 25%. Loty na samolocie Beechcraft King Air 90 z mieszankami 20% Biodiesla 80% JetA1 potwierdziły dobre własności lotne samolotu i znaczne zmniejszenie zadymienia i emisji składników spalin. Z uwagi na duże ilości paliwa lotniczego zużywanego w silnikach turbinowych, a niedługo już także w lotniczych silnikach Diesel'a Max Shauck uważał od lat, że będzie to miało znaczny wpływ dla rozwoju lotniczych biopaliw. W 2007 roku prof. Shauck wraz z grupa pilotów Carol Sugars i Douglas Rodante odbył pierwszy lot na czechosłowackim odrzutowym samolocie „Aero L-29 Delfin" zasilanym 100% Biodieselem! Loty potwierdziły, że można latać na tym paliwie nawet na wysokościach 40 000 stóp przy znacznej redukcji NOx-ów. Prace Maxa Shaucka znalazły naśladowców w wielu ośrodkach, a on sam ostatnio prowadzi prace w Houston University.

W Dakota State University zespół dr. Heldera prowadzi od 1996 roku interesujący program zastosowania paliwa lotniczego nazwanego AGE 85 o liczbie oktanowej motorowej 106 i własnościach zbliżonych do czystego etanolu, zawierającego w swoim składzie 80-90v/v % etanolu, 0,5-1,0v/v % Biodiesla, 10-20v/v % izomeratu pentanu o złożonym składzie Certyfikaty STC na zasilanie paliwem AGE 85 uzyskały samoloty Cessna 180/182s, Mooney, Grummann Ag Cat, Piper Seneca.

Podobne prace z europejskim samochodowym paliwem E85 wg normy CWA 15293-2005E wykonano ostatnio na tłokowym silniku lotniczym „Franklin" w Instytucie Lotnictwa. Prosta zamiana rodzaju paliwa z AvGAs 100LL na E-85 w silniku zasilanym gaźnikowo powodowała spadek mocy maksymalnej o ok. 3...4% i wzrost jednostkowego zużycia paliwa o ok. 17% z powodu mniejszej wartości opałowej paliwa etanolowego. Uzyskiwany wzrost mocy silnika wynika z faktu wyższego ciepła parowania alkoholu, który odparowując schładza cylindry. Najlepsze rezultaty uzyskano zastępując gaźnik niskociśnieniowym układem wtryskowym. Wyniki badań potwierdzają dobre własności ekologiczne paliwa E85 jako paliwa lotniczego. Na całym polu charakterystyki pracy silnika obserwujemy niemal 3 krotny spadek węglowodorów, dwukrotny spadek tlenku węgla i niewielki przyrost tlenków azotu przy ogólnie niskim ich poziomie.

Wdrożeniem wyników prac zainteresowane są w Polsce firmy związane z małymi silnikami lotniczymi jak Franklin Aircraft Engines z Grudziądza i Vaxell sp. z o.o. z Bydgoszczy. Własności silników przy zasilaniu paliwem E-85 („bezołowiowym") poprzez układ wtryskowy można jeszcze poprawić przez sterowanie wielkością dawki z wykorzystaniem sygnału sondy lambda, mierzącej tlen w spalinach, która nie może być używana, jeśli spaliny zawierają związki ołowiu (sonda jest nimi zatruwana).

Aktualnie najbardziej interesujące prace nad konkurencyjnym, do E85 i AGE 85, paliwem syntetycznym z biomasy (m.in. z sorgo), nazwanym „100SF" prowadzone są przez prof. Jana Ruska z Purdue University's School of Astronautics and Aeronautics Engineering, założyciela firmy Swift Enterprices Ltd. Paliwo to nie zawiera związków tlenowych i składa się z 82,5% m/m mesitylenu i 16,9% m/m isopentanu przy śladowych zawartościach innych węglowodorów. Po wstępnych pomyślnych próbach firma Swift rozpoczęła prace z FAA (Federal Aviation Administration) i przeprowadziła 150 godzinne badania silnikowe (Lycoming I0 540 K) pod jej nadzorem paliwa określonego jako „UL 102". Badania potwierdziły dobrą jakość paliwa, niskie zużycie części i brak zanieczyszczeń w silniku, jedynie przepona pompy paliwa wykazała lekka deformację - szczegóły można znaleźć w stosownym raporcie FAA, proponującym dalsze badania. Loty na tym paliwie wykonywane są obecnie m.in. na samolocie dwusilnikowym Piper Seminole z Embry-Riddle Aeronautical University, jednym z najpopularniejszych 2 silnikowych samolotów szkoleniowych w USA. Wybór samolotu z tego uniwersytetu nie jest przypadkiem, bo uniwersytet przygotowuje się w swojej szkole pilotów do zmiany ok. 50% swojej floty (tj. ponad 40 samolotów Cessna 172) na bardziej ekologiczne paliwa. Firma Swift twierdzi, że zacznie już budować pierwsze instalacje pilotażowe, a uzyskane na jesieni 2010 roku paliwo 100SF będzie tańsze od paliwa AvGas. Z przedstawionego poniżej porównania podstawowych własności omawianych biopaliw widać, że może ono być najlepszą alternatywą dla silników tłokowych (patrz tab. 1).

Tabela 1

| Podstawowe własności | AvGas 100LL | Etanol | E85 | AGE 85 | UL 102 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gęstość kg/m$^3$ | 690-790 | 789 | 774 | 768 | 810 |
| Wartość opałowa MJ/kg | 44,2 | 27,2 | 34,8 | 34,8 | 41,9 |
| Liczba oktanowa motorowa | 100 | 112 | 110 | 106 | 102 |
| Zawartość ołowiu g/l | 0,56 | 0,001 | 0,008 | – | – |

Warto także wspomnieć o interesujących pracach w Brazylii, gdzie w Departamencie Lotnictwa na Uniwersytecie w Sao Paulo w roku 1995 inż. Waterhouse wytypował do prób na etanolu samolot PZL 26 „Mewa" z silnikami PZL Franklin produkowanymi wówczas w Rzeszowie. Nie doszło jednak do porozumienia z PZL Rzeszów, jak podają, na skutek „commercial problems". Brazylijczycy zajęli się więc certyfikacją swojego samolotu EMB 202 Ipanema. W 2004 roku firma Neiva (własność 100% Embraer) ze wsparciem ze strony agencji CTA (Centro Technico Aeroespacial) i firmy Textron Lycoming oraz Hartzell otrzymała certyfikat na ten samolot rolniczy z silnikiem Lycoming 0 540-K1J5D zasilany etanolem, które zarejestrowano w Brazylii pod nazwa AvAlc, jak podawała prasa. W rzeczywistości, jak stwierdziła nasza misja techniczna, samoloty używają etanolu AEHC (92,6-93,8% etanolu) Silnik Lycoming o mocy 300 KM o zwiększonej dzięki etanolowi mocy o ok. 5% ma wydłużona trwałość o min. 20%-80%

i poprawione własności ekologiczne. Ten pierwszy na świecie samolot etanolowy produkowany seryjnie otrzymał dwie najbardziej prestiżowe międzynarodowe nagrody w roku 2005: Scientific American 50 Award i Flight International Aerospace Industry Award w kategorii General Aviation za wybitne wdrożenie nowych alternatywnych technologii. Spowodowało to masowe nieoficjalne wykorzystanie etanolu jako paliwa lotniczego i w Brazylii zaczęły latać na tym paliwie tysiące nie certyfikowanych samolotów innych producentów, co stanowi poważny problem dla władz lotniczych. Planuje się certyfikację samolotów produkowanych w Brazylii znanych pod nazwą Sertanejo, Minuano, Carioca, Corisco, Neiva P-56, Cap-4, Piper PA-18, Seneca – Cessna 182 Skylane, Cessna 188 Avwagon!!! W związku z powyższym zorganizowana została wizyta specjalistów lotniczych z Polski z PZL Mielec, WSK Kalisz i Instytutu Lotnictwa w celu sprawdzenia faktu używania tego paliwa w naszych samolotach „Dromader" (fot. 1). Potwierdziliśmy używanie etanolu jako paliwa lotniczego na kilku różnych typach samolotów przy niewielkich usprawnieniach i wydłużeniu resursu z dobrymi rezultatami (fot. 2).




Fot. 1. Wizyta specjalistów lotniczych z Polski w Brazylii przy samolocie „Dromader" wraz z autorem referatu




Fot. 2. B. dobry stan silnika po pracy na etanolu przy przedłużonym czasie pracy (z lewej charakterystyczny nalot w rurze wydechowej – metanamina)

Próbki etanolu wraz z certyfikatem pobrane ze zbiornika samolotu, który wylądował po całodziennym locie przebadano w Instytucie Lotnictwa. Paliwo zawierało 7,5% wody przy mocy pozornej etanolu 95,2°IPNM wg ASTMD 4052. Podczas wizyty dotyczącej certyfikacji Dromadera w Brazylii przez CTA (Centro Technico Aeroespacial) nasza misja została b. serdecznie tam przyjęta i otrzymaliśmy stosowne dokumenty i wymagania dotyczące certyfikacji na etanol. Aktualnie ocenia się, ze samoloty rolnicze wylatały tam bezawaryjnie na etanolu ok. 600 000 godzin.

Dzięki informacjom z Brazylii i naszej misji specjalnie zorganizowane konsorcjum (z udziałem Instytutu Lotnictwa) dostało z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego środki na zastosowanie etanolu jako paliwa w naszych samolotach rolniczych – realizacja nie doszła do skutku w związku z procesem prywatyzacji zakładów lotniczych. W Brazylii natomiast obserwuje się obecnie zwiększenie użycia etanolu jako paliwa lotniczego. W roku 2008 siły powietrzne tego kraju zamówiły modyfikację 90 używanych przez nie szkolnych samolotów T25 na etanol. Powstają także nowe konstrukcje na to paliwo jak nowy brazylijski samolot IPE 25 G. Embraer planuje także użycie biopaliw w roku 2012 na swych samolotach typu E-Jet z silnikami General Electric GE-CF 34 przy użyciu specjalnej technologii firmy Amyris Biotechnologies otrzymującej paliwo typu JetA z trzciny cukrowej. Firma ta korzysta z biologii syntetycznej, modyfikując proces fermentacji, dzięki zmianom genetycznym drożdży, które produkują odpowiednie węglowodory. Technologia może być w prosty sposób zaadaptowana w istniejących wytwórniach etanolu. Nie wyklucza się także w Brazylii innych rodzimych surowców do produkcji biopaliw w tym mikroalg.

Na świecie aktywnie do problemu biopaliw włączyły się obecnie linie lotnicze komercyjne wykorzystujące samoloty Boeinga z silnikami różnych producentów i biopaliw wg różnych technologii i odbyły się kilkugodzinne demonstracyjne loty.

Tabela 2

| **Linia lotnicza** | Virgin Atlantic | Air New Zeland | Continental Airlines | Japan Airlines |
|---|---|---|---|---|
| **Producent silnika** | General Electric | Rolls Royce | CFM | Pratt & Whitney |
| **Technologia paliwa** | Imperium Renewables | UOP Terrasol | UOP Sapphire | UOP Sustainable Oils |
| **Skład biopaliwa** | 20% olej palmowy kokosowy i babassu + 80% Jet A1 | 50% Jatropha + 50% Jet A1 | 50% Jatropha i algi + 50% Jet A1 | Lnianka 84% Jatropha 16% Algi 1% razem 50% Bio + 50% Jet A1 |
| **Data lotu** | II 2008 | XII 2008 | I 2009 | I 2009 |

Warto zauważyć, że technologia biopaliwa była przygotowana w ramach programu finansowanego przez Agencja DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) przez UOP LLC z grupy Honeywell Company, która opracowała usprawniony syntetyczny proces otrzymywania paliwa z lnianki i jatrophy porównywalnego z paliwem JetA1. Prace nad paliwem z lnianki

prowadzono także w Instytucie Lotnictwa w latach 1992-94 przy współpracy z SGGW Warszawa i Zakładami Azotowymi w Kędzierzynie Koźlu, gdzie wykonano pierwsze partie paliwa, ale w dostępnej wówczas technologii transestryfikacji.

Tabela 3

| Porównanie paliwa II generacji z lotniczym paliwem JetA1 | | | |
|---|---|---|---|
| Własność | JetA1 | Jatropha | Lnianka |
| Wartość opałowa MJ/kg | 42,8 | 44,3 | 44,1 |
| Temp. zapłonu °C | 38 min. | 46 | 42 |
| Temp. krystalizacji °C | -47 | -57 | -63,5 |
| Koniec destylacji °C | max. 340 | 248 | 242 |
| Gęstość kg/m$^3$ | 775-840 | 749 | 753 |

Specjalnie powołany zespół CAAFI – Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative współpracuje z ASTM nad problemem certyfikacji paliwa i rewizji norm ASTM D7566-09. Szef alternatywnego programu badań w Airbusie uważa, że nadszedł czas, aby uzgodnić działania i dzielić się wiedzą, aby obniżyć koszty badań, zmierzających do tego samego celu w różnych miejscach. Specjalna podkomisja DO2J omawiała te problemy zgłaszane przez CAAFI min. na spotkaniu w Warszawie. Przewiduje się, że proces certyfikacji będzie ukończony w roku 2011, a produkcja paliw na skalę przemysłową będzie gotowa na przełomie lat 2015/16. Wykorzystane będą tutaj m.in. długoletnie doświadczenia firmy SASOL z RPA, której 1,5 miliona litrów zmodyfikowanej mieszanki 50/50 dostarczone do prób w lipcu 2008 roku jest używane pod nadzorem Alternative Fuels Certification Center z USAF. W badaniach w locie uczestniczy kilka samolotów w tym F16 z Lockheed Martin, Reaper z General Atomic, T6 z Beechcraft, KC135 z Boeing, B2 z Northrop Grumman i śmigłowiec Black Hawk z firmy Sikorsky. Niedawno także w czasie obchodu Dnia Ziemi w Waszyngtonie zaprezentowano w locie samolot F18 Super Hornet z Navy and Marine Cors zasilany biopaliwem. Biopaliwa weszły także do nowego typu sportu lotniczego i są używane w samolotach rakietowych Rocket Racine League używających etanolu i ciekłego tlenu jako paliwa w swoich silnikach!



Fot. 3. Samolot rakietowy na etanol źródło: Aerospace Testing International

## 4. PODSUMOWANIE

Podsumowując, badania i eksploatacja samolotów wszystkich kategorii zasilanych biopaliwami weszły w końcową fazę i jak powiedział Bill Glover, odpowiedzialny za rozwój i wdrażanie w firmie Boeing globalnej strategii ochrony środowiska naturalnego, na konferencji „KIERUNEK CZYSTE NIEBO" w dn. 6.05.2010 r. w PLL LOT w Warszawie: **„Nie ma odwrotu od biopaliw w lotnictwie"**.

## BIBLIOGRAFIA


[1] Alwood D.: *Full − Scale Engine endurance test of Swft Enterprises UL102 Fuel, FAA Final Raport*, DOT/FAA/AR-10/13 July 2010.
[2] Campbell C.J., Laherrere: *The end of Cheap Oil*, Scientific American, March 1998.
[3] Daggen D., Hendrikks R.C., Walther R., Corporan E.: *Alternative Fuels use in Commercial Aircraft*, NASA/TM-2008-214833, ISABE-2007-1196.
[4] Decker J.: *Synthetic Fuel-Potent Mixtures*, Flight Int., 8-14 June 2010.
[5] D'Angelo M.R.: *Flying The Inside Groove*, Aerospace Testing International, June 2010.
[6] Ethanol (AEHC) Certification in Brazil, CTA-IFI-Propulsao, 2006.
[7] European Parliament resolution of 3 February 2009 on an: *Agenda for Sustainable Future in General and Business Aviation*, 2008/2134 (INI).
[8] Helder D.: *AGE 85 Aviation Grade Ethanol*, South Dakota State University.
[9] Helder D.: *Investigation of Ethanol as a General Aviation Fuel. Final Report*, South Dakota State University, August 2005.
[10] Jason P.: *Aviation Alt Fuel Hopes to Get the Lead Out*, Wired News, 15 April 2010.
[11] Marsh A.K.: *Embry-Riddle to Seek Swift Fuel Approval*, AOPA on line, 25 August 2010.
[12] Pągowski Z.: *Lotnicze paliwa i oleje*, Prace Instytutu Lotnictwa, nr 4/2009, str. 117-127, Warszawa, 2009.
[13] Sue Able.: *Renevable Jet Process*, UOP, 2009.
[14] Sachs I.: *The Biofuels Controversy*, UTCTAD/DITC/TED/2007/12.
[15] Shauck M. E.: *RAFDC'S Turbine Engine Emission Testing Program*, Baylor University, Waco, USA.
[16] Shauck M.E., Zanin M.G.: *Certification of Aircraft Engine on Ethanol Fuel*, Baylor University, Waco, USA.
[17] Shauck M.: *Renewable Aviation Fuels Development Center*, University of Houston, 2009.
[18] *STRATEGIC RESEARCH AGENDA 2010 UPDATE − innovation driving sustainable biofuels*, European Biofuels Technology Platform, July 2010.
[19] Wood J.: *Unleaded Avgas: More Study Needed, Coalition Says*, General Aviation News, 30 August 2010.
[20] Zanin G., Olson L.V.: *The Green Airport program & The international Flight Academy on Biofuels*, Green Skies Aviation & Environment Conference, Sydney, November 2007.
[21] Warwick G.: *Brewing Biofuel − E-Jet to Fly on Sugar Cane*, Aviation Week, 19 November 2009.
[22] Vogelar B.: *US Navy Tests Biofuel-Powered 'Green Hornet'*, AVIATIONNEWS.EU, 23 April 2010.

Zbigniew Pągowski

# INVESTIGATIONS AND EXPLOITATION OF BIOFUEL AIRCRAFTS

*Abstract*

*The paper presents elements of research and application of biofuels in aviation from efforts of Institute of Aviation before II WW with BAB with and BABC fuels used by Polish civil and military aviation to recent work of well known commercial and military aircraft and aviation engines manufacturers. Also exploitation of agriculture and GA aircraft related to access from tests in Brazil and USA is included. Now following the success of flight tests application of biofuels in aviation is before us. The process of approval indicate that certification of biofuels is expecting within 2011 and production within 2015/16. There will be considered that due to the specificity of the biofuels and process of production (ethanol or babassu, camelina, algies) system of international bodies begin harmonization.*